

ОБ ОПТИМАЛЬНЫХ СКОРОСТЯХ ДРЕЙФА С ПОРЯДКОМ СЕТЕЙ

А. В. Засосов, В. В. Блинов

ВНИРО

Известно, что уловистость дрейферной сети существенно зависит от формы ячеи. В свою очередь, форма ячеи и сети в порядке сложным образом зависит от скоростей дрейфа, геометрических размеров и массы вожака, сетей и поводцов, а также плавучести буйков. При малых скоростях дрейфа v форма сети, очевидно, не будет искажаться. При больших скоростях дрейфа наблюдается изменение формы сетей в порядке. Отсюда понятно, что при точном расчете сопротивления порядка можно выявить область оптимальных скоростей дрейфа, при которых форма сетей не искажается.

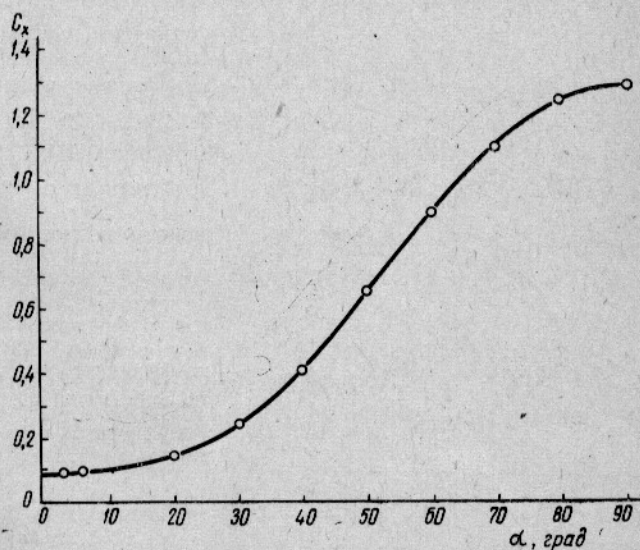


Рис. 1. Зависимость коэффициента гидродинамического сопротивления пенькового каната от угла атаки α (по измерениям А. Л. Фридмана).

С целью последующего сравнения с натурными измерениями Ю. В. Кадильникова [8] в расчете приняты его исходные данные: все параметры дрейферных сетей, находящихся в эксплуатации Калининградской базы океанического рыболовства, число сетей N и скорость дрейфа в опытах,

В основу расчета положено правило суммирования сопротивлений, экспериментально доказанное А. Л. Фридманом и Ю. А. Даниловым [9]. В расчетах использованы точные формулы для коэффициента гидродинамического сопротивления хлопчатобумажных сетей, параллельных потоку $C_{X(0)}^{X(6)}$, известные кривые С. Визельсбергера для C_X гладкого шара и цилиндра $C_{X(виз)}^{ш}$ и $C_{X(90)}^{(ц)}$. Последняя величина вычислялась по формуле, полученной в работе [4]. Буйки считались гладкими шарами, а поводцы — гладкими цилиндрами, в сопротивление поводцов вносили поправку на крутку приготовительной нитки [3]. Отличия принятых моделей буйков и поводцов от реальных мало повлияло на точность расчета вследствие сравнительно малого сопротивления буйков и поводцов.

Для расчета сопротивления (в Н) вожака использовали опытную кривую $C_{X(a)}$ для пенькового каната, полученную А. Л. Фридманом [10] (рис. 1). Экстраполяция $C_{X(a)}$ в область малых углов атаки произведена по методике, разработанной в работе [6].

Сопротивление дрефтерного порядка (в Н)

$$R_{дп} = \frac{\rho v^2}{2} \sum_{i=1}^{10} C_i F_i, \quad (1)$$

где $C_1 = 0,087$, $F_1 = \sum_j F_{1j}$ — коэффициент и площадь сопротивления вожака, м²;

$F_{1j} = l_{Bj} D_{Bj}$ — площадь сопротивления j -го звена вожака, м²;

l_{Bj} , D_{Bj} — длина и диаметр j -го звена вожака, м;

ρ — плотность морской воды, кг/м³;

v — скорость дрейфа;

N — число сетей в порядке;

F_n — суммарная площадь сопротивления ниток сети, м²;

C_2 , $F_2 = NF_n$ — коэффициент и площадь сопротивления сети, м²;

ν — коэффициент кинематической вязкости морской воды, м²/с;

$C_3(Re, A)$, $F_3 = (N + 1) l_{6.п} D_{6.п}$ — коэффициент и площадь сопротивления буйковых поводцов $\left(Re = \frac{v D_{6.п}}{\nu} \right)$, м²;

$C_4(Re, A)$, $F_4 = (N + 1) l_{в.п} D_{в.п}$ — коэффициент и площадь сопротивления вожачковых поводцов $\left(Re = \frac{v D_{в.п}}{\nu} \right)$, м²;

$C_5(Re, A)$, $F_5 = 4N l_{вер.п} D_{вер.п}$ — коэффициент и площадь сопротивления вертикальных подбор, м²;

$C_6(Re, A)$, $F_6 = 4N l_{п} D_{п}$ — коэффициент и площадь сопротивления пожилин сетей, м²;

$C_7 = C_{X(виз)}^{ш}$ (Re), $F_7 = 48N \frac{\pi D_{поп}^2}{4}$ — коэффициент и площадь сопротивления поплавков $\left(Re = \frac{v D_{поп}}{\nu} \right)$;

$C_8 = C_{X(виз)}^{ш}$ (Re), $F_8 = (N + 1) \frac{\pi D_{б}^2}{4}$ — коэффициент и площадь сопротивления буйков, м²;

$C_9 = 0,087$, $F_9 = 4N l_{г.п} D_{г.п}$ — коэффициент и площадь сопротивления горизонтальных подбор, м²;

$C_{10} = 0,087$, $F_{10} = N l_{\text{вер.поп}} D_{\text{вер.поп}}$ — коэффициент и площадь сопротивления веревки для поплавок;
 Re — число Рейнольдса;
 A — коэффициент крутки приготовительной нитки веревки.

Приведем некоторые детали расчета.

Дрифтерная сеть. Сеть для летнего периода размером $C \times B = 30 \text{ м} \times 12 \text{ м}$. Строительная посадка 0,6/0,8. Диаметр мокрой нитки $d = 0,8 \text{ мм}$. Шаг ячеи $a = 28 \text{ мм}$. По формулам работы [2] получаем $n = 894$ ячеи и $m = 286$ ячеи, $I_0 = 480346$ узлов, $L_0 = 25300,92 \text{ м}$. Очевидно, $\Delta I = \Delta L = 0$. Вычисления дают: $F_{\text{уз}} = 0,966 \text{ м}^2$, $F_{\text{нит}} = 20,241 \text{ м}^2$, $F_{\text{н}} = F_{\text{уз}} + F_{\text{нит}} = 21,207 \text{ м}^2$, $a/d = 35$.

Поскольку перпендикулярной к потоку оказывается большая диагональ ячеи, то следует взять обратное соотношение $(u_1/u_2)^{-1} = 1,333$. Удлинение сети $C/B = 2,5$. Значение $C_{X(0)}$ сети находят по формулам работы [5]. При исследовании гипотезы об обтекании сетной части порядка как одной непрерывной сети вместо C/B берут CN/B .

Вертикальные подборы. Веревка $D_{\text{в.п}} = 5,64 \text{ мм}$. Приведенный номер нитки $N_{\text{пр}} = 0,38$. По формуле работы [3] $A = 1,096$. По формулам работ [3, 4] находятся составляющие коэффициента $C_{X \text{ в.п}} = C_{X(в.п)}^{(1)} + C_{X(в.п)}^{(2)}$.

Аналогичным образом рассчитывают сопротивление буйковых и вожаковых поводцов.

Буйковые поводцы. Веревка $D_{\text{б.п}} = 5,64 \text{ мм}$, $l_{\text{б.п}} = 10 \text{ м}$, $N_{\text{пр}} = 0,38$, $A = 1,096$.

Вожакковые поводцы. Веревка $D_{\text{в.пов}} = 14,3 \text{ мм}$, $N_{\text{пр}} = 0,38$, $A = 1,096$.

По рекомендациям справочника [1], суммарная длина вожаковых поводцов принята $l_{\text{в.п}} = 230 \text{ м}$.

Пожилины. Нитка $D_{\text{п}} = 3,4 \text{ мм}$, $l_{\text{п}} = 12,2 \text{ м}$, $N_{\text{пр}} = 0,38$, $A = 1,096$.

Поплавки. Пенопласт $D_{\text{поп}} = 60 \text{ мм}$, $h = 45 \text{ мм}$. При расчете поплавки считали гладкими шарами диаметром $D_{\text{поп}}$. Коэффициент $C_{X \text{ поп}}$ находили по кривой С. Визельсбергера C_X для шара при числах Рейнольдса $Re = \frac{v D_{\text{поп}}}{\nu}$.

Буйки. $D_{\text{б}} = 320 \text{ мм}$. Коэффициент $C_{X \text{ б}}$ находили по кривой C_X Визельсбергера для шара при числах Рейнольдса $Re = \frac{v D_{\text{б}}}{\nu}$.

Горизонтальные подборы. Веревка $D_{\text{г.п}} = 5,64 \text{ мм}$, $N_{\text{пр}} = 0,38$, $A = 1,096$. Использовали значение $C_{X(0) \text{ г.п}} = 0,087$ (см. рис. 1).

Вожак. Как и в опытах Ю. В. Кадильниковой [8], а также в соответствии с рекомендациями справочника [1] использовали пятизвенный вожак со следующими данными

Звенья	I	II	III	IV	V
$L_{\text{кис}}^*$, см	100	90	75	65	50
$D_{\text{в}}$, мм	31,8	28,6	23,8	20,7	15,9
l , м	150	300	1220	1525	596
$q_{\text{зв}}$, н/м	0,725	0,585	0,4	0,3	0,172

* $L_{\text{кис}}$ — длина окружности каната, см.

Вожак считали горизонтальным (непровисающим) и при расчете принимали $C_{X(0)}=0,087$ (см. рис. 1). Для каждого звена вычисляли сопротивление и результат суммировали.

Учет провисания вожака возможен, например, по цепной линии. Тогда, используя интегральное представление коэффициента C_x , предложенное в работе [6], можно записать

$$C_{X(B)} = \frac{\int_0^{L/2} C_{X(x)}^{\text{пен}} \sqrt{1 + \text{Sh}^2 x} dx}{\int_0^{L/2} \sqrt{1 + \text{Sh}^2 x} dx}, \quad (2)$$

где L — хорда цепной линии (расстояние между соседними вожаковыми поводками), м.

Еще более точный учет кривой провисания вожака и вычисления сопротивления можно осуществить в соответствующей вариационной задаче на ЭЦВМ. Однако принятая в данной работе схема расчета дает удовлетворительную точность.

Веревка для поплавков. Диаметр $D_{\text{вер. поп}}=5,1$ мм, $C_{X(0) \text{ поп}}=0,087$.

Результаты расчета сравнивали с измерениями Ю. В. Кадильникова [8]. В расчетных вариантах проверяли следующие гипотезы:

- 1) каждая сеть порядка обтекается независимо, т. е. отсутствует взаимодействие струй;
- 2) вся сетная часть порядка обтекается как одна сеть;
- 3) действительная высота сетей уменьшается;
- 4) действительная высота сетей уменьшается и элементы оснастки отклоняются от вертикали.

На рис. 2, 3 видно, что наилучшее совпадение с опытом в области $0,05 < v < 0,09$ м/с дает гипотеза 1. Искажения формы и ячеек сетей в этой области нет. Независимое обтекание сетей объясняется отсутствием спутной струи после сети вследствие малых скоростей дрейфа.

С ростом скорости дрейфа (в области $0,1 < v < 0,2$ м/с) опытными данными плохо удовлетворяют обе гипотезы: гипотеза 1 дает завышенные результаты, гипотеза 2 — заниженные. В области $v > 0,1$ м/с резко проявляется искажение формы сети. Учет действительной высоты сети (гипотеза 3) по формуле А. В. Засосова [7]

$$h_d = \frac{h_0}{\sqrt{1 + \left(\frac{R_c}{2q_{зв}}\right)^2}}, \quad (3)$$

где R_c — сопротивление сети, $N \left(R_c = \frac{R_{д.п}}{N} \right)$, N — число сетей в порядке)

позволяет существенно приблизить расчетные точки к опытным (см. рис. 2, 3). В этой области действительная форма ячеек определяется по формуле

$$\left(\frac{u_1}{u_2} \right)_d = \left(\frac{u_1}{u_2} \right)_0 \frac{h_d}{h_0}. \quad (4)$$

Более наглядно результаты расчета отражены в зависимости R_c от v (см. рис. 3). Расслоение точек становится более определенным для

опыта и расчета по каждой гипотезе. Рис. 3 позволяет указать оптимальную область дрейфа для судов типа СРТ, в которой искажения сетей будут невелики ($h_d/h_0 \approx 0,95$) — $v \leq 0,155 - 0,016$ м/с.

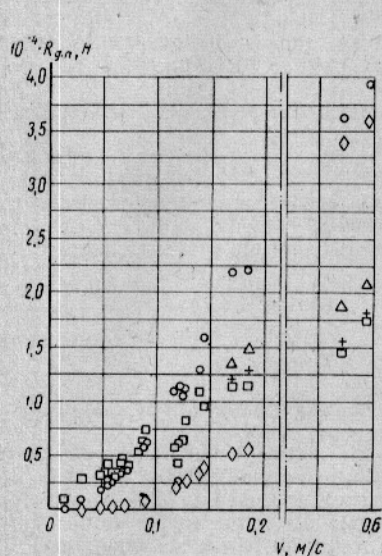


Рис. 2. Опытные и расчетные значения сопротивления дрейферного порядка для скоростей дрейфа в натуральных испытаниях Ю. В. Кадильникова:

□ — измерения Ю. В. Кадильникова (1957); ○ и ◊ — независимое и зависимое обтекание сетей (расчет при $h_d = h_0$);
 △ — учет $h_d < h_0$ (по А. В. Засосову);
 + — учет $h_d < h_0$ и наклона вертикальных подбор и поводцов.

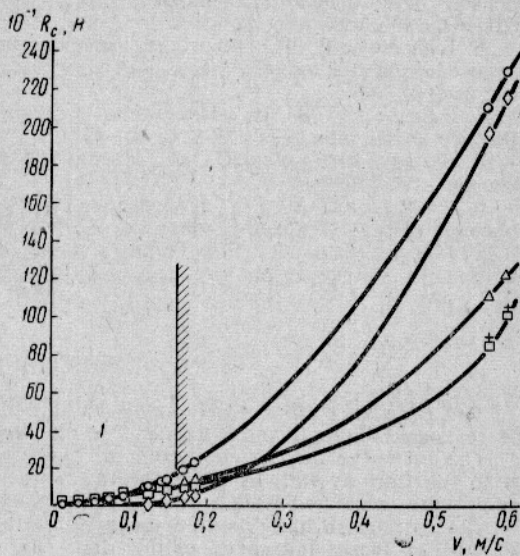


Рис. 3. Опытные и расчетные значения сопротивления дрейферного порядка в пересчете на одну сеть для скоростей дрейфа в натуральных испытаниях Ю. В. Кадильникова:

1 — область дрейфа с малым искажением формы сети.

Отметим характерную особенность рис. 2 и 3: при больших скоростях дрейфа ($v = 0,58 \div 0,6$ м/с) расчет по гипотезам 1 и 2 дает почти одинаковые результаты. Это можно объяснить общим малым влиянием спутных струй на сопротивление сети по сравнению с собственно гидродинамическим трением ниток сети о поток. В области умеренных скоростей дрейфа ($v = 0,2 - 0,3$ м/с) влияние спутных струй значительно.

Таким образом, данный расчет доказывает справедливость принципа суммирования сопротивлений при расчете сопротивления дрейферного порядка с учетом фактической формы сетей и оснастки порядка и позволяет установить область оптимальных скоростей дрейфа для судов типа СРТ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев Н. Н. Справочник по орудиям лова, сетеснастным материалам и промышленному снаряжению. М., Пищепромиздат, 1962, 504 с.
2. Блинов В. В. К расчету геометрических характеристик сетных образцов круглой и прямоугольной формы. — В кн.: Промышленное рыболовство. ЦНИИТЭИРХ, 1973, вып. 1.
3. Блинов В. В. Расчет коэффициента гидродинамического сопротивления ниток, канатов и веревок, перпендикулярных к потоку. — В кн.: Промышленное рыболовство и механизация. Владивосток, вып. 6, 1971, с. 64—69.

4. Блинов В. В. Расчет коэффициента гидродинамического сопротивления плоских капроновых сетных пластин, перпендикулярных к потоку. — «Труды молодых ученых ВНИРО». ВНИРО, 1970, вып. 2, с. 7—27.

5. Блинов В. В. Расчет коэффициента гидродинамического сопротивления плоского сетного полотна, параллельного потоку. — «Труды молодых ученых ВНИРО». ВНИРО, 1971, вып. 5, с. 22—36.

6. Блинов В. В. Некоторые системотехнические задачи гидродинамики сетных и тросовых частей орудий лова. — «Труды молодых ученых ВНИРО». ВНИРО, 1971, вып. 5, с. 37—68.

7. Засосов А. В. Изменение площади плавной морской сети на дрейфе. — «Рыбное хозяйство», 1958, № 3, с. 44—47.

8. Кадильников Ю. В. Направленный дрейф с дрейтерным порядком. Вильнюс, 1967, 80 с.

9. Фридман А. Л., Данилов Ю. А. Об особенностях сопротивления рыболовной сети. — «Рыбное хозяйство», 1967, № 6, с. 38—40.

10. Фридман А. Л. Теория и проектирование орудий промышленного рыболовства. М., «Пищевая промышленность», 1969, 568 с.

SUMMARY

The resistance of the drift net is estimated according to the rule of summing up the resistances of net and wire parts of the fishing gear.

The formulae for the coefficient of hydrodynamic resistance of nets set in parallel to the flow as well as of ropes and wire drifting perpendicularly to the flow which were calculated with a sufficient accuracy earlier, are used in the estimation.

The estimation has revealed the effect of a certain distortion in the form of the net with an increasing speed of the drift, the optimum drift speed range and the character of stream—lining webs in the drift net.